

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5999725号

(P5999725)

(45) 発行日 平成28年9月28日 (2016. 9. 28)

(24) 登録日 平成28年9月9日 (2016. 9. 9)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 F 1/80 (2006. 01)

G O 1 F 1/80

G O 1 F 1/34 (2006. 01)

G O 1 F 1/34

B

G O 1 F 1/00 (2006. 01)

G O 1 F 1/00

Q

G O 1 F 25/00 (2006. 01)

G O 1 F 25/00

Q

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2014-543220 (P2014-543220)
 (86) (22) 出願日 平成25年10月9日 (2013. 10. 9)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/077423
 (87) 国際公開番号 W02014/065116
 (87) 国際公開日 平成26年5月1日 (2014. 5. 1)
 審査請求日 平成27年3月4日 (2015. 3. 4)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-234891 (P2012-234891)
 (32) 優先日 平成24年10月24日 (2012. 10. 24)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 301021533
 国立研究開発法人産業技術総合研究所
 東京都千代田区霞が関1-3-1
 (74) 代理人 110001243
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
 (72) 発明者 小阪 亮
 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
 人産業技術総合研究所つくばセンター内
 (72) 発明者 福田 恭平
 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
 人産業技術総合研究所つくばセンター内
 (72) 発明者 山根 隆志
 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
 人産業技術総合研究所つくばセンター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 質量流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

管路内部を流れる流体の圧力を検出する第1圧力検出手段と、
 前記第1圧力検出手段とは異なる前記管路内部の点の前記流体の圧力を検出するゼロ点
 ドリフト補正用の第2圧力検出手段と
 を含み、
 前記第1圧力検出手段の検出点と前記第2圧力検出手段の検出点との間の前記管路上の
 2点間を伝播する圧脈波の時間差である脈波伝播時間と、前記第1圧力検出手段の出力に
 基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって
 、前記第1圧力検出手段の出力に基づく圧力最低値を置き換えて、前記第1圧力検出手段
 の圧力のゼロ点ドリフトを補償する圧力センサ。

【請求項 2】

管路内部を流れる流体の遠心力ないし向心力が作用する当該管路の曲がり部に設けられ
 、遠心力ないし向心力を検出するための第1歪ゲージと、
 前記曲がり部とは異なる前記管路の直管部に設けられた流量のゼロ点ドリフト補正用の
 第2歪ゲージと、

前記第2歪ゲージとは異なる前記管路の直管部に設けられた静圧補償用の第3歪ゲージ
 と

を含み、

前記第1歪ゲージの計測点と前記第2歪ゲージの計測点との間の前記管路上の2点間を

10

20

伝播する圧脈波の時間差である第 1 の脈波伝播時間と、前記第 2 歪ゲージの計測点と前記第 3 歪ゲージの計測点との間の前記管路上の 2 点間を伝播する圧脈波の時間差である第 2 の脈波伝播時間と、前記第 1 歪ゲージおよび前記第 3 歪ゲージの各出力に基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって、前記第 1 歪ゲージの出力に基づく圧力最低値を置き換えて、流量のゼロ点ドリフトを補償する質量流量計。

【請求項 3】

請求項 2 記載の質量流量計において、

流量のゼロ点ドリフト補正用の第 2 歪ゲージの代わりに、前記管路の直管部に、前記管路内に圧力波が加わった場合に開動作する逆止弁を含む場合、前記第 1 歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記逆止弁が開いている時間とによって、前記第 1 歪ゲージの計測点と前記逆止弁の設置点との間の前記管路上の 2 点間を伝播する圧脈波の時間差である第 3 の脈波伝播時間を求めるとともに、前記第 3 歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記逆止弁が開いている時間とによって、前記第 3 歪ゲージの計測点と前記逆止弁の設置点との間の前記管路上の 2 点間を伝播する圧脈波の時間差である第 4 の脈波伝播時間を求め、前記第 3 の脈波伝播時間と、前記第 4 の脈波伝播時間と、前記第 1 歪ゲージおよび前記第 3 歪ゲージの各出力に基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって、前記第 1 歪ゲージの出力に基づく圧力最低値を置き換えて、流量のゼロ点ドリフトを補償し、または、

流量のゼロ点ドリフト補正用の第 2 歪ゲージの代わりに、前記管路の直管部に、前記管路内に圧力波が加わった場合に圧脈波を発生させるための信号を入力する流量発生装置を含む場合、前記第 1 歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記流量発生装置が前記信号を入力する時間とを用いて、前記第 1 歪ゲージの計測点と前記流量発生装置の設置点との間の前記管路上の 2 点間を伝播する圧脈波の時間差である第 5 の脈波伝播時間を求めるとともに、前記第 3 歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記流量発生装置が前記信号を入力する時間とを用いて、前記第 3 歪ゲージの計測点と前記流量発生装置の設置点との間の前記管路上の 2 点間を伝播する圧脈波の時間差である第 6 の脈波伝播時間を求め、前記第 5 の脈波伝播時間と、前記第 6 の脈波伝播時間と、前記第 1 歪ゲージおよび前記第 3 歪ゲージの各出力に基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって、前記第 1 歪ゲージの出力に基づく圧力最低値を置き換えて、流量のゼロ点ドリフトを補償することを特徴とする質量流量計。

【請求項 4】

請求項 2 記載の質量流量計において、前記第 1 歪ゲージの計測点と前記第 2 歪ゲージの計測点との間の前記 2 点間の前記管路は、弾性材料で形成されていることを特徴とする質量流量計。

【請求項 5】

請求項 2 ないし 4 の何れか 1 項記載の質量流量計において、ゼロ点ドリフト補償した後の信号を圧力信号として出力することを特徴とする質量流量計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、質量流量計に関し、特に、小型・軽量の流量計での流量計測が必要な分野、例えば、人工心臓などの医療用流量計や、石油、石油化学、化学などのプラントの配管を流れる流体やガス、ピンの洗浄水、ウェハや基板の洗浄液、薬剤などの流量計測に応用可能な質量流量計に関するものである。

【背景技術】

【0002】

本出願人は、既に、小型・軽量の流量計として、硬質の曲がり管を用いた質量流量計（特許文献 1）、弾性の曲がり管を用いた質量流量計（特許文献 2）を出願しているが、いずれも静圧補償・温度補償に関する記載はあっても、ゼロ点ドリフト補償に関する記載は

10

20

30

40

50

無い。

また、特許文献3の質量流量計は、流体遠心力を曲がり管端部で計測しているが、ゼロ点ドリフト補償についての記載は無い。

一方、特許文献4には、脈波伝搬速度から血圧を計測する方法を提案しているが、流量計測は実施しておらず、また、脈波伝搬時間を求めるために、心電図の特定周波数成分を利用している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-218775号公報

10

【特許文献2】特開2009-150671号公報

【特許文献3】特開平4-276519号公報

【特許文献4】特開2001-95766号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

例えば、病院外使用の体内埋め込み人工心臓では、病態管理のため流量表示が必要であるが、埋め込みできる小型の流量計が存在していない。産業用の流量計としては、渦流量計、抵抗流量計、フロート式流量計など様々な方式はあるが、超軽量でシンプルな計測方式の流量計が求められている。従来、本出願人らが提案してきた曲がり管を用いた質量流量計では、計測方法はシンプルで小型化が可能だが、圧力計測用のセンサに歪ゲージを使用しているため、急激な温度の変化や外力、センサ素子の劣化などにより流量の計測値にゼロ点ドリフトが生じ、計測誤差が発生する可能性が残っていた。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記問題点を解決するために、本発明は、管路内部を流れる流体の圧力を検出する第1圧力検出手段と、前記第1圧力検出手段とは異なる前記管路内部の点の前記流体の圧力を検出するゼロ点ドリフト補正用の第2圧力検出手段とを含み、前記第1圧力検出手段の検出点と前記第2圧力検出手段の検出点との間の前記管路上の2点間を伝播する圧脈波の時間差である脈波伝播時間と、前記第1圧力検出手段の出力に基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって、前記第1圧力検出手段の出力に基づく圧力最低値を置き換えて、前記第1圧力検出手段の圧力のゼロ点ドリフトを補償する。

30

また、上記問題点を解決するために、本発明は、管路内部を流れる流体の遠心力ないし向心力が作用する当該管路の曲がり部に設けられ、遠心力ないし向心力を検出するための第1歪ゲージと、前記曲がり部とは異なる前記管路の直管部に設けられた流量のゼロ点ドリフト補正用の第2歪ゲージと、前記第2歪ゲージとは異なる前記管路の直管部に設けられた静圧補償用の第3歪ゲージとを含み、前記第1歪ゲージの計測点と前記第2歪ゲージの計測点との間の前記管路上の2点間を伝播する圧脈波の時間差である第1の脈波伝播時間と、前記第2歪ゲージの計測点と前記第3歪ゲージの計測点との間の前記管路上の2点間を伝播する圧脈波の時間差である第2の脈波伝播時間と、前記第1歪ゲージおよび前記第3歪ゲージの各出力に基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって、前記第1歪ゲージの出力に基づく圧力最低値を置き換えて、流量のゼロ点ドリフトを補償する。

40

本発明は、前記質量流量計において、流量のゼロ点ドリフト補正用の第2歪ゲージの代わりに、前記管路の直管部に、前記管路内に圧力波が加わった場合に開動作する逆止弁を含む場合、前記第1歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記逆止弁が開いている時間とによって、前記第1歪ゲージの計測点と前記逆止弁の設置点との間の前記管路上の2点間を伝播する圧脈波の時間差である第3の脈波伝播時間を求めるとともに、前記第3歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記逆止弁が開いている時

50

間とによって、前記第3歪ゲージの計測点と前記逆止弁の設置点との間の前記管路上の2点間を伝播する圧脈波の時間差である第4の脈波伝播時間を求め、前記第3の脈波伝播時間と、前記第4の脈波伝播時間と、前記第1歪ゲージおよび前記第3歪ゲージの各出力に基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって、前記第1歪ゲージの出力に基づく圧力最低値を置き換えて、流量のゼロ点ドリフトを補償し、または、流量のゼロ点ドリフト補正用の第2歪ゲージの代わりに、前記管路の直管部に、前記管路内に圧力波が加わった場合に圧脈波を発生させるための信号を入力する流量発生装置を含む場合、前記第1歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記流量発生装置が前記信号を入力する時間とを用いて、前記第1歪ゲージの計測点と前記流量発生装置の設置点との間の前記管路上の2点間を伝播する圧脈波の時間差である第5の脈波伝播時間を求めるとともに、前記第3歪ゲージにおいて一定の圧力変化量を有する時間と、前記流量発生装置が前記信号を入力する時間とを用いて、前記第3歪ゲージの計測点と前記流量発生装置の設置点との間の前記管路上の2点間を伝播する圧脈波の時間差である第6の脈波伝播時間を求め、前記第5の脈波伝播時間と、前記第6の脈波伝播時間と、前記第1歪ゲージおよび前記第3歪ゲージの各出力に基づく圧力変化量とを用いて得られる前記管路内を伝播する圧脈波の圧力最低値によって、前記第1歪ゲージの出力に基づく圧力最低値を置き換えて、流量のゼロ点ドリフトを補償する。

10

【発明の効果】

【0006】

本発明では、脈波伝搬時間を利用することで、管路内の流体の圧力を検出する圧力検出手段のゼロ点ドリフトが補償できるため長期安定した圧力計測を実現できる。

20

本発明では、曲がり管を用いた質量流量計において、脈波伝搬時間を利用することで、従来の質量流量計と比べて、流体の遠心力ないし向心力が作用する部分の歪ゲージから算出される圧力や、静圧あるいは温度補償用歪ゲージから算出される圧力のゼロ点ドリフトが補償できるため、温度の急な変化や外力などに対しても長期安定した流量計測を実現できる。

さらに、脈波伝搬時間は作動流体の粘度の影響を受けないため、質量流量の計測が可能である。また、静圧あるいは温度補償用歪ゲージを貼りつけることで、管路抵抗の変化にも対応できる。

従来の形式では歪ゲージの歪量からゼロ点ドリフトの可能性もある圧力計測を実施可能であったが、本発明によりゼロ点ドリフトの補償された圧力計測が可能となる。併せて流量と圧力から管路抵抗の長期計測もできる。

30

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の質量流量計の一実施例である曲がり管を用いた質量流量計に、静圧あるいは温度補償用の歪ゲージと、ゼロ点ドリフト補償用の歪ゲージを加えた質量流量計（第1実施例）。

【図2】本発明の質量流量計の一実施例である曲がり管を用いた質量流量計に、圧力弁からのゼロ点ドリフト補償用の信号入力を加えた質量流量計（第2実施例）。

【図3】本発明の質量流量計の一実施例である曲がり管を用いた質量流量計に、流量発生装置からのゼロ点ドリフト補償用の信号入力を加えた質量流量計（第3実施例）。

40

【図4】ゼロ点ドリフトを説明するための図（実線が実際の圧力波形、点線がドリフトした時の圧力波形）。

【図5】ゼロ点ドリフトを故意に生じさせた時の、ゼロ点ドリフト補償無しの結果とゼロ点ドリフト補償有りの実験結果を示した図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

管路を進む圧脈波の速度を、脈波伝播速度（PWV：Pulse Wave Velocity）という。管路の中で異なる2点間における脈波を記録したとき、PWVはその2点間の時間差である脈波伝播時間（PTT：Pulse Transit Time）

50

と 2 点間の距離 (ΔL) から以下の式で定義される。

$$PWV = \Delta L / PTT$$

一方、 PWV と管路の弾性の関係は、 $Moens - Korteweg$ の式から下記の式で表される。

$$PWV = \{ (E \times h) / (2r \times \rho) \}^{1/2}$$

ここで、 E はヤング率、 h は管路壁の厚さ、 r は管路内の半径、 ρ は作動流体の密度を示す。ヤング率以外の値は、ヤング率に比べて変化量が小さいため一定とみなすと、 PWV はほぼヤング率に依存していると仮定する。また、さらにヤング率は、以下の式で表すことができる。

$$E = \Delta P / (h \times \Delta D)$$

10

ここで、 ΔP は圧力変化量、 ΔD は内径変化量を示す。これらの式から定数を α として整理すると、以下の式が得られる。

$$PTT = \alpha (\Delta D / \Delta P)^{1/2}$$

本式から PTT は、圧力変化量及び内径変化量により変わることがわかる。このとき、圧力変化量 ΔP は、管路に貼りつけた歪ゲージにより得られる。一方、圧力変化量 ΔP における管路の内径変化量 ΔD は拍動の圧力最低値 P_L の上昇に伴い変化量が小さくなるため、定数を β として下記の式を得る。

$$\Delta D = \beta \times P_L$$

本式と PTT の式から、定数を γ として整理すると下記の式を得る。

$$P_L = \gamma \times PTT^2 \times \Delta P$$

20

すなわち、圧力最低値 P_L は、 PTT と圧力変化量 ΔP の関数であることがわかる。しかも、 PTT と圧力変化量 ΔP はゼロ点ドリフトに影響されないから、上式で予め定数 γ を求めておくと、前述の通り、圧力変化量 ΔP は、管路に貼りつけた歪ゲージにより得られるため、 PTT から圧力最低値 P_L を上式から得ることができる。そして、管路に貼りつけた歪ゲージより得られた圧力最低値の値 P_L' を PTT から得られた圧力最低値 P_L に置き換えることで圧力のゼロ点ドリフト補償ができる。そして、補正された圧力から質量流量を求めることで、流量のゼロ点ドリフト補償が可能となる。

【実施例】

【0009】

(第1実施例)

30

図1は、本発明の一実施例である第1実施例を示したものである。歪みゲージを3種類使用した質量流量計では、遠心力計測用の歪ゲージを曲がり部外周に、静圧補償用の歪ゲージを直管部に、ゼロ点ドリフト補償用の歪ゲージを曲がり管とは異なる位置の直管部に取り付けられている。流入口から圧脈波が加わったとき、遠心力計測用の歪ゲージとゼロ点ドリフト補償用の歪ゲージ、静圧補償用の歪ゲージとゼロ点ドリフト補償用の歪ゲージのそれぞれ2点間の脈波伝搬時間を求める。そして、遠心力計測用の歪ゲージと静圧補償用の歪ゲージで計測された信号をアンプで増幅し、予め求めていた校正式から圧力変化量を求める。圧脈波ごとに計測される脈波伝搬時間と圧力変化量から、予め求めていた校正式により脈圧の最低値を得ることができる。この脈圧の最低値と管路に取り付けた歪ゲージより得られた圧力の最低値を置き換えることで、圧力のゼロ点ドリフトを補償することができる。そして、補償された曲がり管の2種類の歪ゲージから得られた圧力差と流量の校正式を組み込んだ流量出力装置に入力することで、質量流量を計測することができる。

40

【0010】

(第2実施例)

図2は、本発明の一実施例である第2実施例を示したものである。歪みゲージを2種類使用した質量流量計では、遠心力計測用の歪ゲージを曲がり部外周に、静圧補償用の歪ゲージを直管部に取り付けられている。管路下流には逆止弁が取り付けられており、一定の圧力が加わった時に逆止弁が開き、管路下流に流体が流れる。管路の流入口から圧脈波が加わったとき、一定の圧力が加わり逆止弁が開く時間と、2種類の歪ゲージに一定の圧力変化量が発生する時間の2点より、遠心力計測用の歪ゲージと逆止弁、静圧補償用の歪ゲージ

50

と逆止弁のそれぞれ 2 点間の脈波伝搬時間を求める。

そして、遠心力計測用の歪ゲージと静圧補償用の歪ゲージで計測された信号をアンプで増幅し、予め求めていた校正式から圧力変化量を求める。圧脈波ごとに計測される脈波伝搬時間と圧力変化量から、予め求めていた校正式により脈圧の最低値を得ることができる。この脈圧の最低値と管路に取り付けた歪ゲージより得られた圧力の最低値を置き換えることで、圧力のゼロ点ドリフトを補償することができる。そして、補償された曲がり管の 2 種類の歪ゲージから得られた圧力差と流量の校正式を組み込んだ流量出力装置に入力することで、質量流量を計測することができる。

【 0 0 1 1 】

(第 3 実施例)

図 3 は、本発明の一実施例である第 3 実施例を示したものである。歪みゲージを 2 種類使用した質量流量計では、遠心力計測用の歪ゲージを曲がり部外周に、静圧補償用の歪ゲージを直管部に取り付けている。管路上流には流量発生装置が取り付けられている。管路の流入口から流量発生装置により圧脈波が加わったとき、流量発生装置へ圧脈波を発生させるための信号が入力された時間と、2 種類の歪ゲージに一定の圧力変化量が発生する時間の 2 点より、遠心力計測用の歪ゲージと流量発生装置、静圧補償用の歪ゲージと流量発生装置のそれぞれ 2 点間の脈波伝搬時間を求める。そして、遠心力計測用の歪ゲージと静圧補償用の歪ゲージで計測された信号をアンプで増幅し、予め求めていた校正式から圧力変化量を求める。圧脈波ごとに計測される脈波伝搬時間と圧力変化量から、予め求めていた校正式により脈圧の最低値を得ることができる。この脈圧の最低値と管路に取り付けた歪ゲージより得られた圧力の最低値を置き換えることで、圧力のゼロ点ドリフトを補償することができる。そして、補償された曲がり管の 2 種類の歪ゲージから得られた圧力差と流量の校正式を組み込んだ流量出力装置に入力することで、質量流量を計測することができる。

【 0 0 1 2 】

図 4 は、実線が実際の圧力波形、点線がドリフトした時の圧力波形を示す図である。縦軸に圧力 (p r e s s u r e)、横軸に時間 (t i m e) [s] を表した図であり、グラフ中の P_L 、 P_L' はドリフト前の脈圧の最低値とドリフト後の脈圧の最低値を示しており、 ΔP は圧脈波の圧力変化量を示している。圧力の計測に歪ゲージをセンサとして用いる場合、外部から管路に加わる外力や温度変化、センサ素子の劣化などにより、歪ゲージの出力にゼロ点ドリフトが生じ、圧力波形が実線から点線にドリフトしてしまう。そのため、脈波伝搬速度と圧力変化量から得られる圧力最低圧 P_L をドリフト後の最低圧 P_L' と置き換えることで、ゼロ点ドリフトを補償することができる。

【 0 0 1 3 】

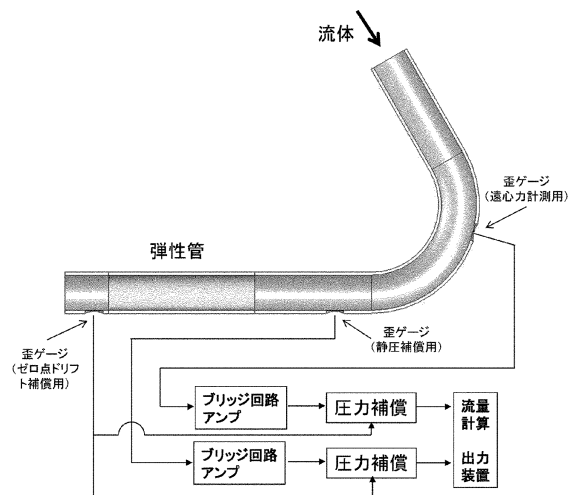
図 5 は、一巡閉鎖回路を用いて実測試験を行った結果の一例である。実線が市販の超音波式流量計の計測結果、薄い灰色の実線がゼロ点ドリフト補償を付与していない質量流量計の計測結果、濃い灰色の実線がゼロ点ドリフト補償を付与した計測結果を示している。30 [s] において、質量流量計の歪ゲージにゼロ点ドリフトを生じさせた結果、ゼロ点補償を加えていない質量流量計は、市販流量計に比べて大きな計測誤差が生じた。一方、ゼロ点補償を加えた質量流量計は、ゼロ点補償を加えていない質量流量計に比べて、市販流量計に対する計測誤差が小さくなった。

【 産業上の利用可能性 】

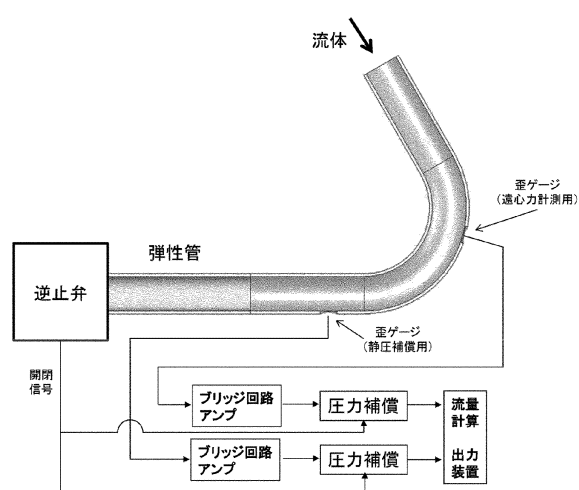
【 0 0 1 4 】

小型・軽量の流量計での流量計測が必要な分野、例えば、人工心臓などの医療用流量計や、石油、石油化学、化学などのプラントの配管を流れる流体やガス、ピンの洗浄水、ウェハや基板の洗浄液、薬剤などの流量計測が必要な分野に利用でき、ゼロ点ドリフト補償が実現可能となる。

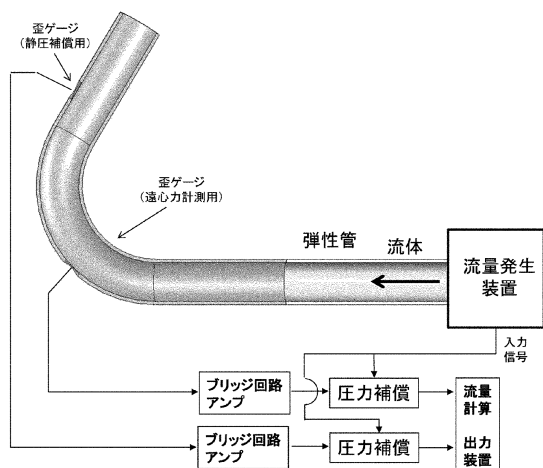
【図 1】



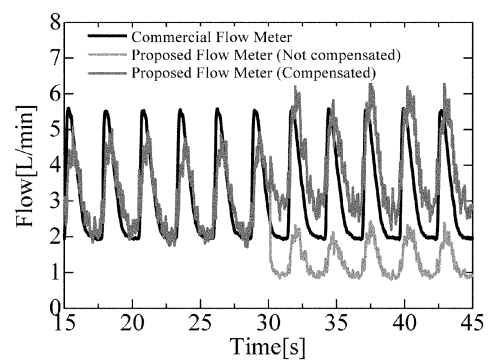
【図 2】



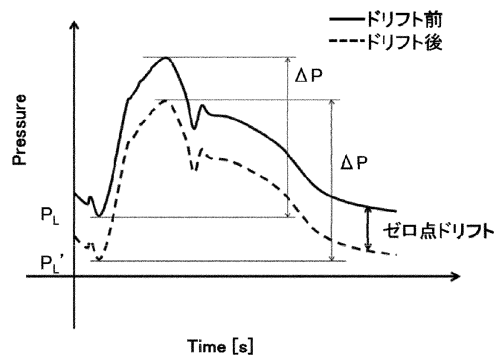
【図 3】



【図 5】



【図 4】



フロントページの続き

審査官 山下 雅人

(56)参考文献 特開2007-218775(JP,A)
特開平11-290285(JP,A)
特開平03-264821(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 F	1 / 0 0	-	1 / 9 0
G 0 1 F	2 5 / 0 0		
A 6 1 B	5 / 0 2 6		